

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-149347

(43)Date of publication of application : 02.06.1998

(51)Int.Cl.

G06F 17/00

(21)Application number : 08-309718

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 20.11.1996

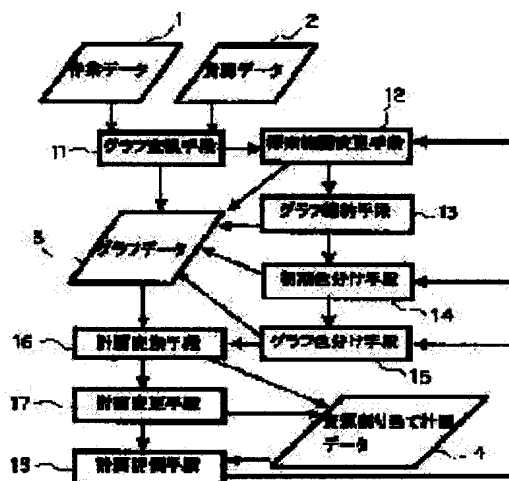
(72)Inventor : ARAKI MASARU
NARIMATSU KATSUMI
MORIYA TETSURO
TOYAMA HARUHIKO

(54) RESOURCE ALLOCATION METHOD AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a resource allocation plan at a high speed by preparing a step where the identifier of each node is changed and given between the nodes to which the same resources cannot be allocated among those nodes corresponding to each job to have different identifiers among the nodes.

SOLUTION: A graph conversion means 11 produces the graph data 3 showing the relation between jobs to which the same resources cannot be allocated based on the job data 1 and the resource data 2. A searching range change means 12 registers or changes a part where the color sorting i.e., the allocation of resources is performed as a searching range in the data 3. A graph condensing means 13 condenses the redundant part of a graph according to the characteristic of a problem. An initial color sorting means 14 sets a color at each node of the graph as an initial state. A graph color sorting means 15 changes the color of each node so as to avoid the adjacent nodes of the same color. A plan conversion means 16 converts the color sorting result of the data 3 into a resource allocation plan. A plan change means 17 manually changes a plan according to the characteristic of a problem.



*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A method of assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

A step which gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

A step which gives the 2nd relation that considers that between nodes which can assign the same resources is one node.

A step which gives an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 2nd relation.

A step which changes an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

[Claim 2]A step which evaluates the resource allocation plan concerned after changing an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation, A resource allocation method according to claim 1 providing further a step which asks for two or more evaluations of said resource allocation plan, and searches for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value.

[Claim 3]A method of assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

The 1st step that gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

The 2nd step that gives suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 1st relation.

The 3rd step that changes an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

The 5th step that returns to the 4th step that evaluates the resource allocation plan concerned, and said 2nd step, gives again suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving the 1st relation, and makes the 3rd and 4th steps rerun.

[Claim 4]A method of assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

The 1st step that gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

The 2nd step that gives an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 1st relation.

The 3rd step that changes an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

The 4th step that evaluates the resource allocation plan concerned, and the 5th step that changes a kind of identifier about arbitrary nodes among nodes to which an identifier was given in said 2nd step, and makes the 3rd and 4th steps rerun.

[Claim 5]A method of assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

A step which gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

A step which specifies a node of a range which should correct a plan among nodes after giving said 1st relation.

A step which gives an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node of a range which should correct said plan.

A step which changes an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan.

[Claim 6]So that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan, A resource allocation method according to claim 5 characterized by providing further a step which evaluates the resource allocation plan concerned, and a step which searches for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value which asks for two or more evaluations of said resource allocation plan after changing an identifier of each node.

[Claim 7]A device which assigns resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

A means to give the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources

among between nodes corresponding to said each work.

A means to give the 2nd relation that considers that between nodes which can assign the same resources is one node.

A means to give an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 2nd relation.

A means to change an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

[Claim 8]A means to evaluate the resource allocation plan concerned after changing an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation, The resource allocation device according to claim 7 providing further a means to ask for two or more evaluations of said resource allocation plan, and to search for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value.

[Claim 9]A device which assigns resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

1st means to give the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

2nd means to give suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 1st relation.

3rd means to change an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

5th means to return to 4th means to evaluate the resource allocation plan concerned, and said 2nd means, to give again suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving the 1st relation, and to make the 3rd and 4th means rerun.

[Claim 10]A device which assigns resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

1st means to give the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

2nd means to give an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 1st relation.

3rd means to change an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

4th means to evaluate the resource allocation plan concerned, and 5th means to change a kind of identifier about arbitrary nodes among nodes to which an identifier was given in said 2nd means, and to make the 3rd and 4th means rerun.

[Claim 11]A device which assigns resources repeatedly used to two or more work, respectively, comprising:

A means to give the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work.

A means to specify a node of a range which should correct a plan among nodes after giving said 1st relation.

A means to give an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node of a range which should correct said plan.

A means to change an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan.

[Claim 12]So that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan, The resource allocation device according to claim 11 characterized by providing further a means to evaluate the resource allocation plan concerned, and a means to search for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value which asks for two or more evaluations of said resource allocation plan after changing an identifier of each node.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the resource allocation method for drawing up or correcting the quota plan of resources, such as equipment, a necessary personnel, materials, etc. required in order to do each work, to the given work group, and a resource allocation device.

[0002]

[Description of the Prior Art]A resource allocation device is a computer system which draws up or corrects the quota plan of resources, such as equipment, a necessary personnel, materials, etc. required in order to do each work, to the given work group. A resource allocation plan satisfies constraints with various number of resources, affinities with work, etc., a certain objective function is maximized or minimized, but it is called for that it is a good combination.

[0003]As an example of use of a resource allocation plan problem, there is a problem of the crew operation plan in a railroad, a bus, and an express company or a vehicle operation plan or a timetable creation problem. For example, in the vehicles employment problem in a railroad company, work is operation of trains and work data is given in the group of a start station and start time, and a destination station and the arrival time. Resources are vehicles which a railroad company owns and the vehicle number was decided. In order to carry out operation of each trains using a limited number of vehicles, it decides it to be a resource allocation plan which vehicles to take charge of which operation. That is, it is equivalent to assigning the vehicles used by the operation to each operation.

[0004]The typical constraints at the time of assigning resources (here vehicles) cannot be assigned in the same resources as the work with which - working hours have lapped. Not only the problem of a vehicle operation plan but this condition is generally constraints typical on a resource allocation plan problem. Resources (vehicles) inspect for every - fixed time which

cannot assign the same resources (vehicles) as two work from which the place which the work (operation) before - finishes, and the place where the next work (operation) starts differ as constraints peculiar to a vehicle operation plan problem in addition to this. Although those resources cannot be assigned to the work applicable to passing during this period, there is.

[0005]In order to make such a resource allocation plan, it is known that the technique of graph coloring can be used. It is the technique of coloring each node so that it may become a color with an adjoining node certainly different from graph coloring on the graph expressed by the line which connects them to a node, and the example of research exists widely as a classification-by-color problem of a map in the field of operations research.

[0006]In order to solve a resource allocation plan problem by the technique of graph coloring, it is considered that the work given first is a node of a graph. And between the nodes corresponding to the work which cannot assign the same resources is connected with a line. Thus, it classifies by color so that an adjoining node may not become the same color to the created graph.

[0007]As the technique of graph coloring, the both sides of the algorithm which distinguishes a graph by different color with to the minimum color number, and the algorithm distinguished by different color with to the specified color number are known. The number of colors is equivalent to the number of resources. When the number of resources is decided beforehand, it classifies by color by the number, and it classifies by color so that the number of colors may be decreased as much as possible to lessen the number of resources as much as possible. This selection changes with character of the target field of the invention. - Assign a color first to each node suitably as an initial solution as Step 1 in the algorithm of ** graph coloring. Next, the node to which constraint violation has happened as Step 2, i.e., an adjoining node, changes a node with many branches which are the same colors into a different color from the node which adjoins the color of the node as much as possible. Adjoining nodes search for the classification by color which becomes ** BE ***** by repeating operation of this step 2.

[0008]In this way, the classification-by-color result of the obtained graph can obtain a resource allocation planned result by reading in the form where the same resources are assigned to the node of the same color.

[0009]As an existing example of the resource allocation plan using graph coloring. The timetable creation problem of ***** . There is a treated example. (A.Salazar,R.V.Oakford:A Graph Formulation of a Shool Scheduling Algorithm,Communications of the ACM,vol17,pp696-698 (.)) 1974. In these examples, it considers that an experimental subject is work and it is considered that the time limit which examines is resources. And the examination subject which the same student receives creates the graph which expressed the constraints that it could not carry out at the same time limit, in the neighborhood between nodes. When this graph is classified by color with the smallest color number n, it turns out that BE ** which is n time limit

can be examined by performing the examination subject which the same color divided and was attached with the same time limit.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]By the way, there is the following problem with the resource allocation device using the conventional graph coloring.

[0011]The first, the number of work (the number of the nodes of a graph) with which the structure of the graph became dense and which was inputted at the time [the number], and when constraints (the number of the neighborhoods which connect between nodes) have increased, it is the point that classification by color becomes very difficult in the technique of the existing graph coloring.

[0012]Generally, in the graph created from the constraints in the work and the resource allocation which are input data to a resource allocation device, many perfect subgraphs (structure where same number as the number of colors of nodes have connection altogether mutually) are contained in many cases. If it classifies by color with the existing coloring algorithm, after coloring has advanced to some extent, the situation which other colors of all the break and attach to the adjoining node will generate the portion of this perfect subgraph. The procedure which chooses a suitable color at the above-mentioned step 2 at this time becomes almost impossible, and it falls into the state where Step 2 is repeated infinitely eventually and coloring is not completed.

[0013]The second is a point which cannot optimize a resource allocation plan. That is, although the technique of graph coloring can be distinguished by different color with in the number of the colors which distinguish a graph with the smallest color number, or specified it, it cannot distinguish by different color with and a result can be obtained only briefly. Usually, it distinguishes by different color with, and two or more combination should exist and the result will need to search for the combination which makes the objective function which a user wants the maximum or the minimum and which is distinguished by different color with, such as assigning equalization of the work which each resources take charge of, and the work done that each resources are their favorite as much as possible.

[0014]For example, if a crew operation plan is considered for an example, the operation plan which becomes as uniform as possible in the total amount of the work which each crew does will be called for. It is contents which cannot be expressed in a graph as the above-mentioned constraints like the ability "not to assign the same resources as the work with which working hours have lapped", and such optimization cannot be performed with the resource allocation device which used graph coloring directly.

[0015]The third is the point that it cannot use for "the re-quota plan of resources" which is responses-to-specific-circumstances type scheduling. When the resource allocation plan drawn up in the past is selectively changed in the stage of operation, as the given constraints

are satisfied, the re-quota plan of resources is the smallest possible change, and is correcting other portions of a plan. Thus, coping with the contingency situation by the smallest possible planned correction cannot carry out with the resource allocation device using the conventional graph coloring.

[0016]The example of use of the re-quota plan of resources is "correction of a vehicle operation plan." This is a problem on which the planned vehicle operation plan reexamines the operation plan after a change accrual date when change arises according to an accident or operation trouble. Generally, the plan after a trouble accrual date is not remade thoroughly, but planned correction is made so that it may return to the original operation plan by the earliest possible days. The convenience of a vehicles inspection is the main reasons, and this has made beforehand the schedule of the inspection plan according to the number of miles driven over the long period of time for every vehicles, and is because it is difficult to change this.

[0017]The purpose of this invention eases the burden which graph classification by color takes, when the number and constraints of work which were inputted have increased, and there is in providing the resource allocation method and resource allocation device which can accelerate formulation of a resource allocation plan.

[0018]An evaluation value searches for a good plan efficiently, and another purpose of this invention has it in providing the resource allocation method and resource allocation device which can realize optimization of a resource allocation plan.

[0019]Another purpose of this invention is to provide the resource allocation method and resource allocation device which can perform the re-quota plan of the resources which are responses-to-specific-circumstances type scheduling.

[0020]

[Means for Solving the Problem]In order to attain the above-mentioned purpose, an invention of claim 1 and seven statements, When assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, The 1st relation is given between nodes which cannot use the same resources among between nodes corresponding to said each work, The 2nd relation that considers that between nodes with clear assigning the same resources is one node is given, To each node after giving said 2nd relation, an identifier of a kind of number according to the number of resources was given, and an identifier of each node is changed so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation.

[0021]By namely, a thing for which a graph is contracted when assigning the same resources in an invention of claim 1 and seven statements, for example summarizes the nodes corresponding to work which is known. When a number (the number of nodes of a graph) and constraints (the number of neighborhoods which connect between nodes) of work to which structure of a graph became dense and which were inputted at the time [constraints] have increased, a burden which graph classification by color takes can be eased, and formulation of

a resource allocation plan can be accelerated.

[0022]Further in an invention of claim 1 and seven statements this invention of claim 2 and eight statements, After changing an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation, the resource allocation plan concerned is evaluated, and it asks for two or more evaluations of said resource allocation plan, and is searching for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value.

[0023]Thereby, since two or more evaluation values can be obtained, an evaluation value can search for a good plan and optimization of a resource allocation plan is realized.

[0024]This invention of claim 3 and nine statements is provided with the following.

The 1st step that gives the 1st relation between nodes which cannot use the same resources among between nodes corresponding to said each work when assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively (MEANS).

The 2nd step that gives suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 1st relation (MEANS).

The 3rd step that changes an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation (MEANS).

The 5th step that returns to the 4th step (MEANS) that evaluates the resource allocation plan concerned, and said 2nd step, gives again suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving the 1st relation, and makes the 3rd and 4th steps rerun (MEANS).

[0025]Since it is carrying out at a step which can obtain two or more evaluation values and can moreover compute it efficiently, an evaluation value searches this invention of claim 3 and nine statements for a good plan efficiently, and can realize optimization of a resource allocation plan by it.

[0026]This invention of claim 4 and ten statements is provided with the following.

The 1st step that gives the 1st relation between nodes which cannot use the same resources among between nodes corresponding to said each work when assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively (MEANS).

The 2nd step that gives an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving said 1st relation (MEANS).

The 3rd step that changes an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation (MEANS).

The 4th step (MEANS) that evaluates the resource allocation plan concerned, and the 5th step that changes a kind of identifier about arbitrary nodes among nodes to which an identifier was given in said 2nd step, and makes the 3rd and 4th steps rerun (MEANS).

[0027]Since it is carrying out at a step which can obtain two or more evaluation values and can moreover compute it efficiently like the above, an evaluation value searches this invention of claim 4 and ten statements for a good plan efficiently, and can realize optimization of a resource allocation plan by it.

[0028]When this invention of claim 5 and 11 statements assigns resources repeatedly used to two or more work, respectively, The 1st relation is given between nodes which cannot use the same resources among between nodes corresponding to said each work, A node of a range which should correct a plan among nodes after giving said 1st relation is specified, To each node of a range which should correct said plan, an identifier of a kind of number according to the number of resources was given, and an identifier of each node is changed so that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan.

[0029]In this invention of claim 5 and 11 statements, a re-quota plan of resources which are responses-to-specific-circumstances type scheduling can be performed by carrying out repeat execution of the above-mentioned processing, changing a range which should be corrected gradually, for example.

[0030]Further in an invention of claim 5 and 11 statements this invention of claim 6 and 12 statements, After changing an identifier of each node so that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan, the resource allocation plan concerned is evaluated, and it asks for two or more evaluations of said resource allocation plan, and is searching for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value.

[0031]Thereby, since two or more evaluation values can be obtained, an evaluation value can search for a good plan and optimization of a resource allocation plan is realized.

[0032]It may constitute so that a user may have the change-of-plan means provided with change ***** for a resource planning quota plan with a plan [to show a user a resource allocation plan drawn up by a method of this invention, etc.] display function. A user can add edit now freely to a plan to have been created by this, and employment united with a user's convenience can be performed.

[0033]When a user edits a plan, existence of violation of a condition is judged on a graph which connected with a line between nodes corresponding to work which cannot assign the same resources, and it may be made to notify a user.

[0034]It may constitute so that it may have a means to make planned correction automatically using a still more procedural correction procedure or a rewriting rule, to a result of having performed resource allocation using the technique of graph classification by color. Thereby, the quality of a plan to be generated can be raised.

[0035]This invention can be applied also to a recording medium.

[0036]Namely, a step which gives the 1st relation between nodes which cannot assign the

same resources among between nodes corresponding to said each work when assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, A step which gives the 2nd relation that considers that between nodes which can assign the same resources is one node, A recording medium possessing a step which changes an identifier of each node can be provided so that it may become a step which gives an identifier of a kind of number according to the number of resources, and an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation to each node after giving said 2nd relation. In this case, so that it may become an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation, After changing an identifier of each node, recording media providing further a step which evaluates the resource allocation plan concerned, and a step which asks for two or more evaluations of said resource allocation plan, and searches for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value can be provided.

[0037]The 1st step that gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work when assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, So that it may become the 2nd step for which an identifier of a kind of number according to the number of resources is given suitably, and an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation to each node after giving said 1st relation, The 3rd step that changes an identifier of each node, and the 4th step that performs evaluation of the resource allocation plan concerned, A recording medium which returns to said 2nd step, gives again suitably an identifier of a kind of number according to the number of resources to each node after giving the 1st relation, and is characterized by providing the 5th step that makes the 3rd and 4th steps rerun can be provided.

[0038]The 1st step that gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work when assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, So that it may become the 2nd step for which an identifier of a kind of number according to the number of resources is given, and an identifier which differs in between nodes which had said 1st relation to each node after giving said 1st relation, The 3rd step that changes an identifier of each node, and the 4th step that performs evaluation of the resource allocation plan concerned, A recording medium which changes a kind of identifier about arbitrary nodes among nodes to which an identifier was given in said 2nd step, and is characterized by providing the 5th step that makes the 3rd and 4th steps rerun can be provided.

[0039]Tetraethylpyrophosphate which gives the 1st relation between nodes which cannot assign the same resources among between nodes corresponding to said each work when assigning resources repeatedly used to two or more work, respectively, A step which specifies a node of a range which should correct a plan among nodes after giving said 1st relation, A recording medium possessing a step which changes an identifier of each node can be

provided so that it may become a step which gives an identifier of a kind of number according to the number of resources, and an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan to each node of a range which should correct said plan. In this case, so that it may become an identifier which differs in between nodes of a range which should correct said plan, After changing an identifier of each node, a recording medium providing further a step which evaluates the resource allocation plan concerned, and a step which asks for two or more evaluations of said resource allocation plan, and searches for a resource allocation plan with a sufficient evaluation value can be provided.

[0040]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an embodiment of the invention is described in detail based on a drawing.

[0041] Drawing 1 is a block diagram showing the composition of the resource allocation planning device concerning one embodiment. The device concerning this embodiment is realized for example, on a computer, and each function of this device is realized by operating a computer in the predetermined procedure stored as a computer program. However, it is also possible to consider it as a dedicated device. The resource allocation planning device shown in drawing 1 is provided with the following.

A graph transformation means 11 to create the graph data 3 which expressed the relation of the work which cannot assign the same resources from the work data 1 and the resource data 2.

The search range alteration means 12 registered or changed in the graph data 3 by making into a search range the portion which performs classification by color, i.e., assignment of resources.

A graph contraction means 13 to contract the redundant portion of a graph according to the characteristic in question.

An initial color division means 14 to set the color as an initial state as each node of a graph, A graph classification-by-color means 15 to change the color of each node so that an adjoining node may not become the same color, The plan [to change the classification-by-color result of the graph data 3 into a resource allocation plan] conversion method 16, a change-of-plan means 17 to change a plan with the heuristics or hand control according to the characteristic in question, and the plan [to evaluate the drawn-up resource allocation plan] evaluation methods 18.

[0042] Here, let the case where this device performs vehicles assignment of a train be an example. However, this device is applicable to other natural systems.

[0043] In this device, work is operation of trains and work data is given in the group of a start station and start time, and a destination station and the arrival time. Resources are vehicles

organization which a railroad company owns, and the number of organization was decided.

[0044]The purpose of a device decides which vehicles organization takes charge of which operation, i.e., it is assigning the vehicles used by the operation to each operation. Suppose that the working hours assigned [whether it can do and] to each vehicles as conditions for resource allocation optimization, i.e., running time, are equalized.

[0045]Formulation of a resource allocation plan is performed in the procedure shown in drawing 2.

[0046]The work data in this example is shown in drawing 3. It is shown in drawing 3 that work of a total of 16 is in four days. For example, there is four work, 21-1, 21-2, 21-3, and 21-4, on the 21st. By drawing 3, one line shows one work, and the drawing position of a line shows ***** BE ***** of work by it. The sign of the both ends of a line shows the place which starts work, and the place to end. That is, the work 21-1 is work which leaves A at inside on the morning of the 21st, and returns to A at the daytime time. The work 21-2 is work which will leave A at the afternoon on the 21st and is ended by B at night. The work 21-3 is work which will leave B on the morning of the 21st and is ended by A at night. The work 21-4 is work which will leave A at the afternoon on the 21st and returns to A at night.

[0047]The resource data in this example is shown in drawing 4. It is shown by drawing 4 that there is three vehicles organization, #1, #2, and #3.

[0048]Hereafter, the concrete procedure of the resource allocation plan creation from the 21st by this device to the 24th is shown using the data of the flow chart of drawing 2, drawing 3, and drawing 4.

[0049]First, the work data of drawing 3 is changed into graph data (Step 21). The work of each of the work data of drawing 3 is first expressed to this at the peak. This result is shown in drawing 5. That is, each work data expressed by the line is expressed with a node (peak), respectively. Next, the two peaks (work) which cannot use the same resources (vehicles organization) are connected with a line. For example, in a vehicle operation plan, "the combination which is running at the same time", and "the combination which cannot use the resources same on account of an origin and a last arrival place" cannot use the same resources. Therefore, the peak which has these relation is connected with a line. The graph of drawing 6 is obtained as a result. The characteristic in question of using this device can constitute freely the conditions of the combination of work that assignment of the same resources becomes impossible in this way.

[0050]Here, the portion surrounded by the dotted line of drawing 6 is explained. 21-2 and 22-1 are the adjoining employment which straddles a day, and since the end place B of 21-2 differs from the start place alpha of 22-1, the same resources (vehicles) cannot be assigned. Since 21-2 and 21-3 are employment of the same time zone, the same resources (vehicles) cannot be assigned.

[0051]Next, this graph is contracted (Step 22). That is, employment with clear assigning the same resources (vehicles) is summarized into one node. For example, in a vehicle operation plan, the employment which cannot perform assignment to other organization from the relation between a start place and an end place corresponds to this. For example, as for the employment 21-2, an end place is B and the employment which will leave B on the 22nd of the next day has only 22-3. Therefore, 21-2 and 22-3 need to assign the certainly same vehicles organization. Then, these two nodes are summarized to one node. Thus, the result of having performed the conclusion of 21-2, 22-3 and 22-2, 23-3 and 23-2, and 24-3 is drawing 7. The characteristic in question of using this device can constitute freely the conditions which summarize a node in this way.

[0052]Next, an initial color division is performed on each peak of graph data with the color number of the number of resources (vehicles) (Step 24). What is necessary is for a random number just to perform this method. The result of having given the color suitably for each node of drawing 7 by three colors of black, ashes, and white is drawing 8.

[0053]Next, the color of the peak is changed so that the peak where graph data adjoin may not become the same color (Step 25). Various methods are known and this method can be freely used in the range which does not miss the purpose of this device. For example, "An Application of the LifeSpan Method to the Graph Coloring Problem, the Institute of Statistical Mathematics joint report 53 -- "-- optimization: -- Life SpanMethod of modeling, and algorithm 4", 105-137 and" (1994) statement -- $V := \{V_1, \dots, V_n\} = \{\text{node whole of a graph}\}$

color(i): The number of the node to which the color m is assigned by the node which adjoins the color C(i, m):= node V_i assigned to the = node V_i .

bad-degree(i): The number of the node of the same color that adjoins the =C(i, color(i)) = node V_i .

LS(i): The lifespan of the = node V_i (integer variable which makes i an index)

LTmu(i, m): The number of times which changed the color of the = node V_i into m.

It carries out and is min-tabu-length as a parameter. := positive integer constant max-tabu-length : Larger positive integer constant alpha than =min-tabu-length := when a positive constant is given, An example of procedure which classifies by color in the color (the integer 1, ..., k) of k color is as being shown in drawing 9.

[0054]The result of having classified by color by the procedure of drawing 9 is drawing 10.

[0055]Next, matching of a color and resources (vehicles organization) is performed based on the classification-by-color result of drawing 10, and resource allocation plan (vehicle operation plan) data is created (Step 25). The resource allocation plan (vehicle operation plan) obtained from the result of drawing 10 is shown in drawing 11.

[0056]Next, the resource allocation plan drawn up in the old procedure is evaluated (Step 26). In this example, since equalization of the working hours assigned to each vehicles is the

purpose, the variance of the total time of the work assigned from the 21st to each vehicles organization of #1, #2, and #3 on the 24th is computed as an evaluation value to a plan. In this example, it can be considered that the plan that this evaluation value is smaller is a more desirable resource allocation plan (vehicle operation plan). The characteristic in question of using this device can constitute the calculating method of this evaluation value freely.

[0057]When carrying out repeat execution of Step 25 from Step 23 in Step 26, a resource allocation plan with the best evaluation value is held, the evaluation value of a plan to have been created this time is compared, and a plan to hold is exchanged when improved.

[0058]Next, it is judged [which ends formulation of a resource allocation plan / or or] whether it continues (Step 27). The method of judging an end is judged on the conditions of the time of an improvement of the evaluation value by repetition no longer being found, when the number of specification times repeats a series of procedures from Step 23 to Step 26 and an evaluation value turns into below the value (or above) of hope. The characteristic in question of using this device can constitute this end judging method freely.

[0059]When it is judged that formulation of a resource allocation plan is continued at Step 27, it returns to Step 23. In Step 23, the color of the node of graph data is once erased and a random number performs an initial color division. At Step 24, a graph is classified by color from the result of a new initial color division. Since two or more kinds are possible as for classification by color of the graph that generally all adjoining nodes become another color, according to the result of an initial color division, Step 24 achieves different results.

[0060]The resource allocation plan currently held at Step 26 when it is judged as an end in Step 27 serves as an output of this device.

[0061]Next, other embodiments of this invention are described.

[0062]According to this embodiment, the resource allocation plan is corrected. When a resource allocation plan is changed selectively, as the given constraints are satisfied, correction of a resource allocation plan is the smallest possible change, and is correcting other portions of a plan.

[0063]Below, correction of vehicles assignment of a train is made an example. Like [this example] the first example, work is operation of trains and work data is given in the group of a start station and start time, and a destination station and the arrival time. Resources are vehicles organization which a railroad company owns, and the number of organization was decided.

[0064]The purpose of this device is for the planned vehicle operation plan to reexamine the operation plan after a change accrual date, when change arises according to an accident or operation trouble. The conditions of resource re-quota optimization are making planned correction so that it may return to the original operation plan by the earliest possible days. Formulation of a resource allocation plan is performed in the procedure shown in drawing 12.

[0065]Here, suppose that the data of the same drawing 3 as the first example and drawing 4 was given as work data and resource data as ON KADETA, respectively. Drawing 13 is an original vehicle operation plan before correction.

[0066]In the operation plan of drawing 13, I think that vehicles exchange at a station etc. occurred on the way since the accident etc. occurred on the 21st, and change of vehicles employment occurred. As a result, each organization presupposes that it became different arrangement from a schedule at the last time on the 21st. This change is shown in the column on the 21st of drawing 14.

[0067]In the operation plan on and after the 22nd, trouble occurs to the investment return on the 21st of drawing 14. For example, although organization #1 will anchor by A the night of the 21st, the schedule on the 22nd is the employment 22-3, and this employment is the employment which leaves B. Therefore, there is fault in this portion. In order to cancel such fault, it will be necessary to correct the operation plan on and after the 22nd.

[0068]Hereafter, the concrete procedure of the vehicle operation plan correction on and after the 22nd by this device is shown.

[0069]First, the work data from the 21st of drawing 13 to the 24th is changed into graph data (Step 31). This procedure is the same as Step 21 in drawing 2. This result is drawing 5.

[0070]Next, the search range where the influence of planned correction reaches is set up (Step 32). An initial phenomenon (resource allocation), i.e., vehicles employment, certainly includes the changed work (in an example, it is employment on the 21st) in this search range. A search range is set up narrowly in the beginning. And it is investigated at a series of steps of the following step 33 to the step 37 whether convergence of planned correction is possible only in this search range. **** which failed in this extends a search range gradually until it is successful.

[0071]Here, the day when employment change occurred, i.e., 21 days, and 22 days of the next day are made into the 1st search range, and when you investigate whether convergence of planned correction is possible only in this search range and it goes wrong at a series of steps of Step 33 to the step 37, suppose that the range will be extended one day respectively. The characteristic in question of using this device can constitute the setting method of this search range freely.

[0072]By the following explanation, it considers searching for the ability of the search which set up the target day on the 24th, i.e., planned correction to which the employment on the 24th serves as as planned, to be performed.

[0073]Next, a node is summarized about employment with clear assigning the same resources (vehicles) (Step 33). This is the same as that of Step 22 in drawing 2. Next, the work data of drawing 3 is changed into graph data (Step 33). This is the same as that of Step 21 of drawing 2. This obtains the graph data of drawing 6. The node to which the same vehicles organization

is assigned on the day which employment change produced, and the target day is summarized to one. For example, in drawing 14, since organization of #2 is used for the employment 21-4 on the 21st and organization of the employment 24-3#2 on the 24th is assigned in the plan, these are summarized to the same node. Thus, "21-3, 24-1, 24-2", "21-4, 24-3", and "21-1, 21-2, 24-4" can collect into one node, respectively. This result is shown in drawing 15.

[0074]Next, an initial color division is performed on each peak of graph data with the color number of the number of resources (vehicles) (Step 35). The original plan, i.e., drawing 14, is used for this method. By carrying out like this, it can expect that dissolution operation of constraint violation will be performed only into the portion in relation to the place where a change was made to the original plan, and correction of a plan can be pressed down to the minimum.

[0075]The result of having assigned the color to the graph data of drawing 15 based on the plan of drawing 14 is drawing 16.

[0076]Next, the color of the peak is changed so that the peak where graph data adjoin may not become the same color (Step 36). This method is the same as Step 25 in drawing 2. The result of having classified by color by the procedure of drawing 9 is drawing 17.

[0077]Matching of a color and resources (vehicles organization) is performed based on the classification-by-color result of drawing 17, and resource allocation correction plan (vehicles employment correction plan) data is created (Step 36). The resource allocation correction plan (vehicles employment correction plan) obtained from the result of drawing 17 is shown in drawing 18. It is a portion which has change to the plan that the portion which required sha in drawing 18 is original.

[0078]Next, it is judged [which ends formulation of a resource allocation correction plan / or or] whether it continues (Step 37). The method of judging an end judges whether classification by color was successful at Step 36. When classification by color fails in Step 36, it returns to Step 32, and after extending a search range, a graph is classified by color. When classification by color is successful at Step 36, the resource allocation correction plan obtained at Step 36 serves as an output of this device.

[0079]This invention is not limited to the above-mentioned example, and since it can change variously and can carry out in the range which does not deviate from the gist, it includes other examples which are illustrated next.

[0080]For example, the resource allocation plan and resource allocation correction plan used as the applied object of this invention, As opposed to the work group which was not limited to the vehicle operation plan of the train, but was given [problem / the problem of the crew operation plan in a railroad, a bus, and an express company, or a vehicle operation plan, or / timetable creation], The quota plan of resources, such as equipment, a necessary personnel, materials, etc. required in order to do each work, is applicable to the computer system created

or corrected.

[0081]Although the initial color division was performed using the random number in a 1st embodiment and the original plan before correction was used for the initial color division in a 2nd embodiment by the initial color division means for example, For example, a genetic algorithm given in "the volume for genetic algorithm:Japan Society for Fuzzy Theory and Systems and Asakura Publishing" can be used. The list of NO 1 DO contained in graph data is expressed as an individual of a character string, and this character string expresses the initial color division to each NO 1 DO in this method. In an initial color division means by which the genetic algorithm was used, a fixed number of populations are held inside an initial color division means, it reproduces so that an individual with a high evaluation value which plan evaluation methods computed can survive with high probability, and the regeneration of a population is repeated by decussation between individuals, or operation of mutation.

[0082]The state where the resources were assigned to applicable NO 1 DO about the work in which the hope about the resources assigned from a user exists beforehand by an initial color division means, for example is colored, and it is made not to change the color of these NO 1 DO by a graph classification-by-color means. Thereby, a user can make some resource allocation plans and the remaining portion can be created with this device.

[0083]It is, even if it chooses the color exchanged by random numbers, for example in a graph classification-by-color means in Step 94 in the procedure of the classification by color shown in drawing 9, and it is **. In this case, since that from which a classification-by-color result differs is obtained with the value of this random number, the same classification-by-color result is not necessarily obtained from the same initial state. Therefore, other resource allocation plans can be obtained by performing Step 24 after Step 27 of the procedure of drawing 2. In drawing 12, after Step 37, Step 35 can be performed and other resource allotment correction plans can also be obtained.

[0084]After changing graph data into a resource allocation plan or a resource allocation correction plan by a plan conversion method, the change-of-plan means and procedure for performing the change of plan of the portion it is better to make additional correction clearly may be added. This means shows a user a resource allocation plan, and adds the display and change-of-plan device with which a user can make manual correction freely. Or a plan is corrected using the planned correction rule which the user set up beforehand.

[0085]Before the above-mentioned change-of-plan means changes graph data into a resource allocation plan by a change-of-plan means, it may be placed. In this case, when it has the display and change-of-plan device with which a change-of-plan means shows a user a resource allocation plan, and a user can make manual correction freely, for example, It can be verified by checking whether NO 1 DO which adjoins [whether a manual correction which the user made is violation of the conditions of resource allocation, and] on graph data is changed

into the same color, and the function which emits warning to a user at the time of necessity can be added.

[0086]

[Effect of the Invention]As mentioned above, according to this invention, when the number (the number of the nodes of a graph) and constraints (the number of the neighborhoods which connect between nodes) of work which were inputted have increased, the burden which graph classification by color takes can be eased, and formulation of a resource allocation plan can be accelerated (claims 1 and 7).

[0087]An evaluation value can search for a good plan and optimization of a resource allocation plan is realized (claims 2, 6, 8, and 12).

[0088]An evaluation value searches for a good plan efficiently, and can realize optimization of a resource allocation plan (claims 3, 4, 9, and 10).

[0089]The re-quota plan of the resources which are responses-to-specific-circumstances type scheduling can be performed (claims 5 and 11).

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a block diagram showing the composition of the resource allocation planning device concerning one embodiment of this invention.

[Drawing 2]It is a flow chart which shows operation of the resource allocation planning device shown in drawing 1.

[Drawing 3]It is a figure showing an example of the work data concerning one embodiment.

[Drawing 4]It is a figure showing an example of the resource data concerning one embodiment.

[Drawing 5]It is a figure showing the graph concerning one embodiment.

[Drawing 6]It is a figure showing the graph concerning one embodiment.

[Drawing 7]It is a figure showing the graph concerning one embodiment.

[Drawing 8]It is a figure showing the graph concerning one embodiment.

[Drawing 9]It is a flow chart which shows an example of the procedure which carries out the classification by color concerning one embodiment.

[Drawing 10]It is a figure showing the graph concerning one embodiment.

[Drawing 11]It is a figure showing an example of the resource allocation plan (vehicle operation plan) concerning one embodiment.

[Drawing 12]It is a flow chart which shows operation of the resource allocation planning device concerning other embodiments.

[Drawing 13]It is a figure showing an example of the operation plan concerning other embodiments.

[Drawing 14]It is a figure showing an example of the operation plan concerning other embodiments.

[Drawing 15]It is a figure showing the graph concerning other embodiments.

[Drawing 16]It is a figure showing the graph concerning other embodiments.

[Drawing 17] It is a figure showing the graph concerning other embodiments.

[Drawing 18] It is a figure showing an example of the resource allocation plan (vehicle operation plan) concerning other embodiments.

[Description of Notations]

1 Work data

2 Resource data

3 Graph data

11 Graph transformation means

12 Search range alteration means

13 Graph contraction means

14 Initial color division means

15 Graph classification-by-color means

16 Plan conversion method

17 Change-of-plan means

18 Plan evaluation methods

[Translation done.]

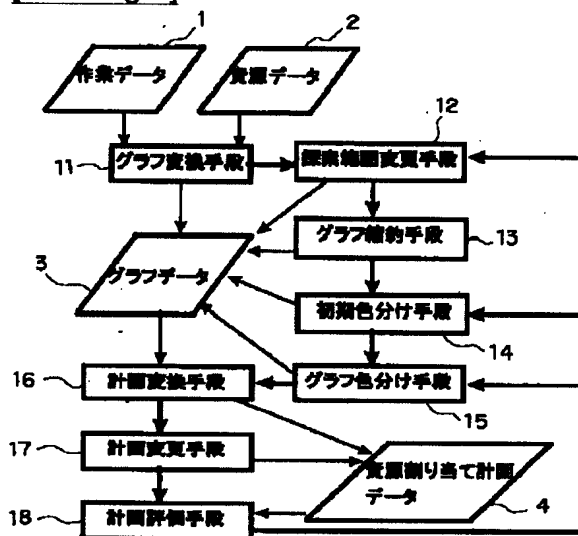
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

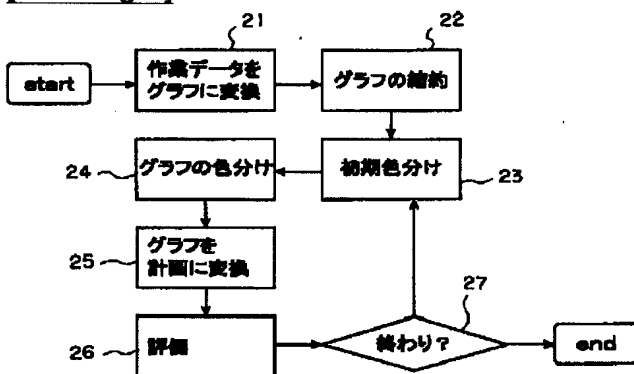
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]



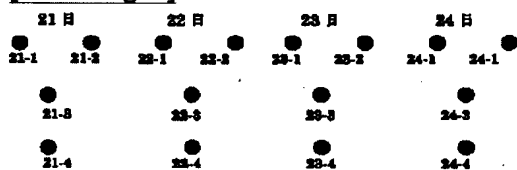
[Drawing 3]

21(月)		22(火)		23(水)		24(木)	
A <u>21-1</u>	A <u>21-2</u> B	A <u>22-1</u>	A <u>22-2</u> B	A <u>23-1</u>	A <u>23-2</u> B	A <u>24-1</u>	A <u>24-2</u> B
B <u>21-3</u>	A	B <u>22-3</u>	A	B <u>23-3</u>	A	B <u>24-3</u>	A
A <u>21-4</u>	A	A <u>22-4</u>	A	A <u>23-4</u>	A	A <u>24-4</u>	A

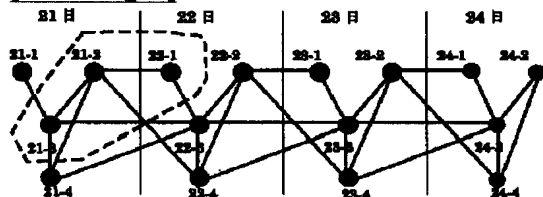
[Drawing 4]

編成番号
#1
#2
#3

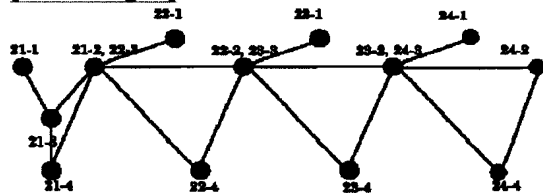
[Drawing 5]



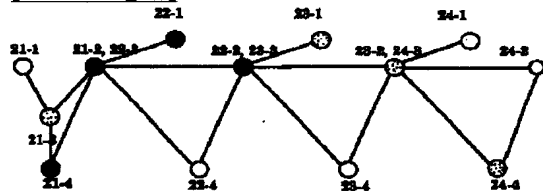
[Drawing 6]



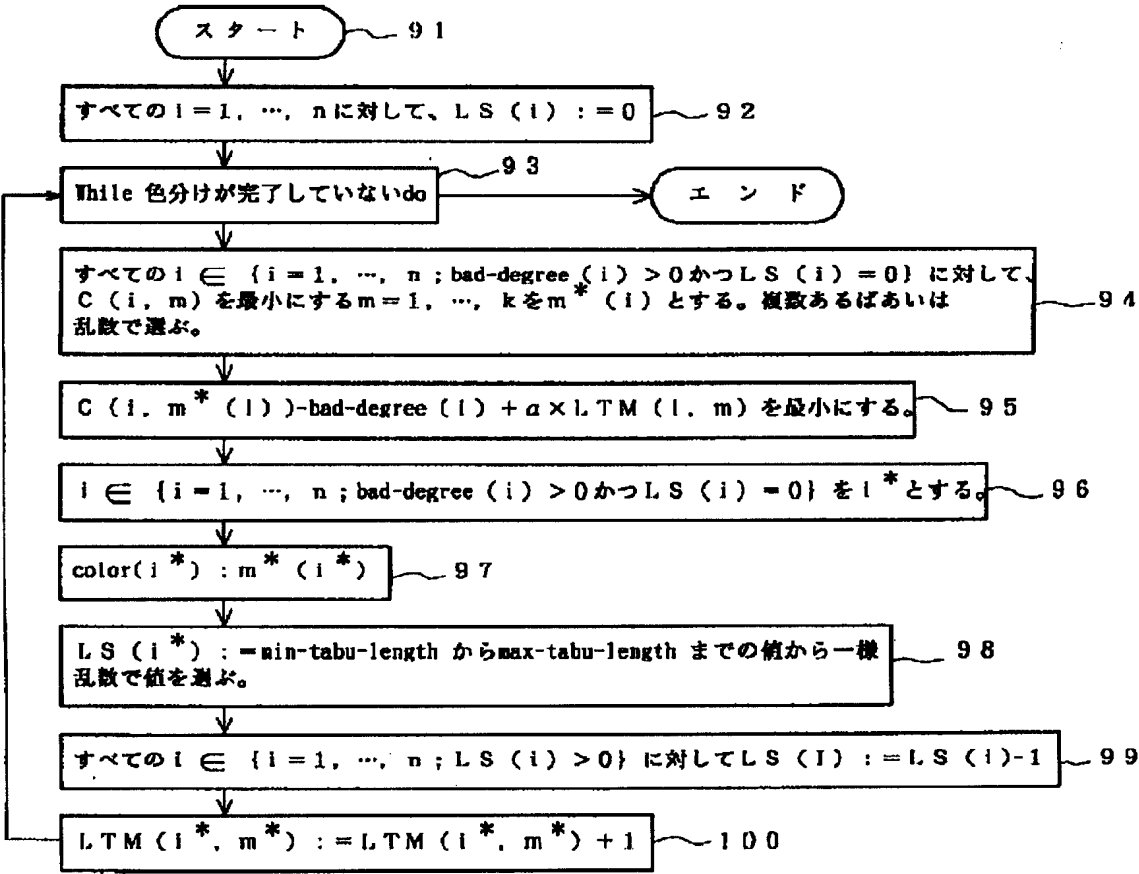
[Drawing 7]



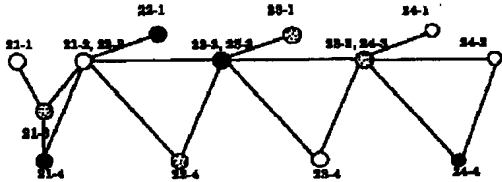
[Drawing 8]



[Drawing 9]



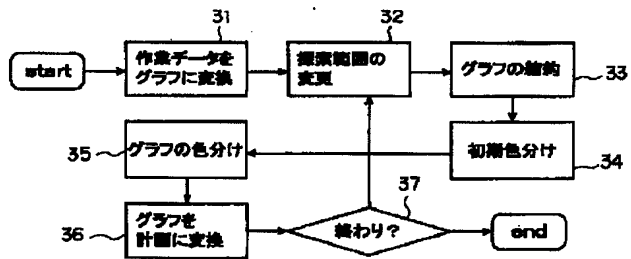
[Drawing 10]



[Drawing 11]

車両種別	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
H1(白)	21-1, 21-2	22-3	23-4	24-1, 24-2
H2(灰)	21-3	22-4	23-1, 23-2	24-3
H3(黒)	21-4	22-1, 22-2	23-3	24-4

[Drawing 12]



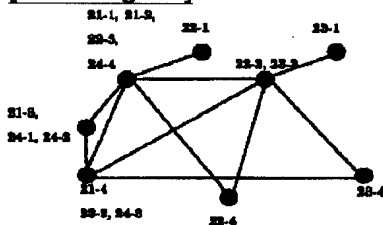
[Drawing 13]

車両編成	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
#1	21-1/21-2	22-3	23-4	24-1/24-2
#2	21-3	22-4	23-1/23-2	24-3
#3	21-4	22-1/22-2	23-3	24-4

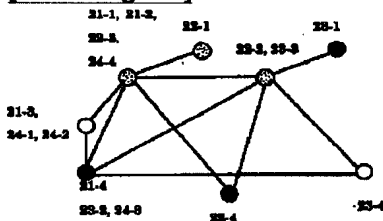
[Drawing 14]

編成番号	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
#1	21-3	22-3	23-4	24-1/24-2
#2	21-4	22-4	23-1/23-2	24-3
#3	21-1/21-2	22-1/22-2	23-3	24-4

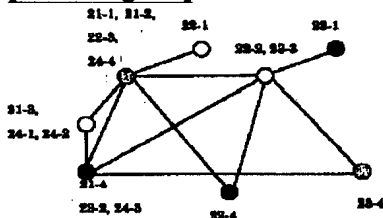
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]

図面番号	23(原)	23(分)	23(注)	24(本)
01(油)	23-1	23-1/23-2	23-3	24-1/24-2
02(黒)	23-1	23-1	23-1/23-2	24-2
03(グレー)	23-1/23-1	23-3	23-1	24-1

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-149347

(43) 公開日 平成10年(1998)6月2日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 6 F 17/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/20

Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-309718

(22) 出願日 平成8年(1996)11月20日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 荒木 大

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町工場内

(72) 発明者 成松 克己

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町工場内

(72) 発明者 守屋 哲朗

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町工場内

(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

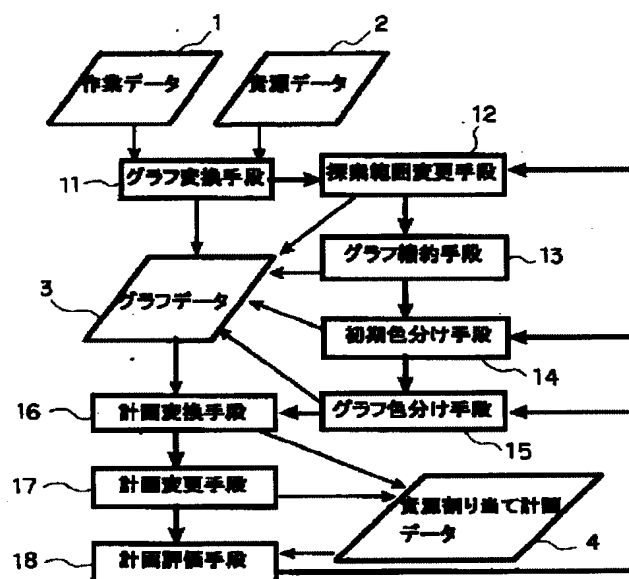
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 資源割り当て方法及び資源割り当て装置

(57) 【要約】

【課題】 入力された作業の数と制約条件が増えてきた場合に、グラフ色分けに要する負担を軽減し、資源割り当て計画の作成を高速化することである。

【解決手段】 作業データと資源データとに基づいて、ノードおよびノードからなる所定のグラフ表現に変換し、これをグラフデータとして保持する。次に、このグラフデータについて、所定のルールに従ってノード数を縮約した後、グラフカラーリングを試み、初期解を得る。次に、この初期解について、特定の隣接するノード間が異なる配色（識別子）となるように、所定のカラーリングアルゴリズムを施すことによって、次解を得る。そして、隣接するノード間で異なる配色となるまで、該カラーリングアルゴリズムを繰り返す。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる方法であって、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係をを持たせるステップと、同じ資源を割り当てることができるノード間を1つのノードとみなす第2の関係をを持たせるステップと、前記第2の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与するステップと、前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更するステップとを具備することを特徴とする資源割り当て方法。

【請求項2】 前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行うステップと、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索するステップとをさらに具備することを特徴とする請求項1記載の資源割り当て方法。

【請求項3】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる方法であって、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係をを持たせる第1のステップと、前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を適当に付与する第2のステップと、前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3のステップと、当該資源割り当て計画の評価を行う第4のステップと、前記第2のステップに戻り、第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を再度適当に付与し、第3及び第4のステップを再実行させる第5のステップとを具備することを特徴とする資源割り当て方法。

【請求項4】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる方法であって、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係をを持たせる第1のステップと、前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与する第2のステップと、前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3のステップと、当該資源割り当て計画の評価を行う第4のステップと、前記第2のステップにおいて識別子が付与されたノードのうち任意のノードについて識別子の種類を変更し、第

2

3及び第4のステップを再実行させる第5のステップとを具備することを特徴とする資源割り当て方法。

【請求項5】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる方法であって、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係をを持たせるステップと、

前記第1の関係を持たせた後のノードのうち計画を修正すべき範囲のノードを特定するステップと、

10 前記計画を修正すべき範囲の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与するステップと、

前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更するステップとを具備することを特徴とする資源割り当て方法。

【請求項6】 前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行うステップと、

20 前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索するステップとをさらに具備することを特徴とする請求項5記載の資源割り当て方法。

【請求項7】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる装置であって、

前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係をを持たせる手段と、

同じ資源を割り当てることができるノード間を1つのノードとみなす第2の関係をを持たせる手段と、

前記第2の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与する手段と、

30 前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する手段とを具備することを特徴とする資源割り当て装置。

【請求項8】 前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行う手段と、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索する手段とをさらに具備することを特徴とする請求項7記載の資源割り当て装置。

40 【請求項9】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる装置であって、

前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係をを持たせる第1の手段と、

前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を適当に付与する第2の手段と、

前記第1の関係をもったノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3の手段と、

50 当該資源割り当て計画の評価を行う第4の手段と、

(3)

3

前記第2の手段に戻り、第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を再度適当に付与し、第3及び第4の手段を再実行させる第5の手段とを具備することを特徴とする資源割り当て装置。

【請求項10】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる装置であって、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることのできないノード間に第1の関係を持たせる第1の手段と、

前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与する第2の手段と、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3の手段と、当該資源割り当て計画の評価を行う第4の手段と、前記第2の手段において識別子が付与されたノードのうち任意のノードについて識別子の種類を変更し、第3及び第4の手段を再実行させる第5の手段とを具備することを特徴とする資源割り当て装置。

【請求項11】 複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる装置であって、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることのできないノード間に第1の関係を持たせる手段と、

前記第1の関係を持たせた後のノードのうち計画を修正すべき範囲のノードを特定する手段と、前記計画を修正すべき範囲の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与する手段と、前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する手段とを具備することを特徴とする資源割り当て装置。

【請求項12】 前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行う手段と、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索する手段とをさらに具備することを特徴とする請求項11記載の資源割り当て装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、与えられた作業群に対して、それぞれの作業を実行するために必要な設備・要員・資材などの資源の割り当て計画を作成あるいは修正するための資源割り当て方法及び資源割り当て装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 資源割り当て装置とは、与えられた作業群に対して、各々の作業を実行するために必要な設備・要員・資材などの資源の割り当て計画を作成あるいは修正する計算機システムである。資源割り当て計画は、資源の数、作業との相性、などのさまざまな制約条件を満

4

足し、かつ、ある目的関数を最大化あるいは最小化するもつとも良い組み合わせであることが求められる。

【0003】 資源割り当て計画問題の利用例としては、鉄道・バス・運送会社における乗務員運用計画や車両運用計画の問題、あるいは時間割り作成問題などがある。例えば、鉄道会社における車両運用問題では、作業とは列車の運行であり、出発駅・開始時刻と終着駅・到着時刻の組で作業データが与えられる。また、資源は鉄道会社が所有する車両のことであり、その車両数が決まっている。資源割り当て計画とは、限られた数の車両を使って各々の列車の運行を遂行するために、どの車両がどの運行を担当するかを決める。すなわち、各々の運行に対して、その運行で使用する車両を割り当てることに相当する。

【0004】 資源（ここでは車両）を割り当てる際の典型的な制約条件は、

- ・作業時間が重なっている作業に同じ資源を割り当てることはできない

である。この条件は、車両運用計画の問題のみならず、一般的に資源割り当て計画問題に典型的な制約条件である。これ以外に、車両運用計画問題に特有な制約条件としては、

- ・前の作業（運行）が終わる場所と次の作業（運行）の始まる場所が異なるような2つの作業に同じ資源（車両）を割り当てることはできない

- ・一定期間ごとに資源（車両）は検査を行う。この期間中は通行に該当する作業にその資源を割り当てることはできない

がある。

【0005】 このような資源割り当て計画を作るために、グラフカラーリングの手法を利用できることが知られている。グラフカラーリングとは、ノードとそれらを結ぶ線で表現されたグラフ上で、隣接するノードが必ず別の色になるように各ノードに色をつける手法であり、オペレーションズ・リサーチの分野で地図の色分け問題として広く研究例が存在する。

【0006】 資源割り当て計画問題をグラフカラーリングの手法で解くためには、まず与えられた作業をグラフのノードとみなす。そして、同一の資源を割り当てることのできない作業に対応するノードの間を線で結ぶ。このようにして作成したグラフに対して、隣接するノードが同じ色にならないように色分けを行う。

【0007】 グラフカラーリングの手法としては、最小の色数にグラフを塗り分けるアルゴリズムと、指定した色数に塗り分けるアルゴリズムの双方が知られている。色の数は資源の数に対応する。資源の数があらかじめ決まっている場合はその数で色分けを行い、資源の数を出来るだけ少なくしたい場合は色の数を出来るだけ少なくするように色分けを行う。この選択は対象とする利用分野の性質により異なる。 一般的なグラフカラーリング

(4)

5

のアルゴリズムでは、まずステップ1として初期解として各ノードに色を適当に割り当てる。つぎに、ステップ2として制約違反が起こっているノード、すなわち隣接するノードが同じ色になっている枝を多く持つノードを、そのノードの色をできるだけ隣接するノードとは異なる色に変更する。このステップ2の操作を繰り返すことによって、隣接するノード同士がすべて異なる色になる色分けを探索する。

【0008】こうして得られたグラフの色分け結果は、同一の色のノードに対しては同じ資源を割り当てるとい

う形に読み取ることによって、資源割り当て計画結果を得ることができる。

【0009】グラフカラーリングを用いた資源割り当て計画の既存例としては試験の時間割作成問題を扱った例がある (A. Salazar, R. V. Oakford: A Graph Formulation of a School Scheduling Algorithm, Communications of the ACM, vol17, pp696-698 (1974))。これらの例では、試験の科目を作業とみなし、試験を行う時限を資源とみなす。そして、同じ生徒が受ける試験科目はおなじ時限に行えないという制約条件をノード間の辺で表現したグラフを作成する。このグラフを最も少ない色数 n で色分けすると、同じ色が割り付いた試験科目を同じ時限で行うことで、 n 時限ですべての試験を行えることがわかる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来のグラフカラーリングを用いた資源割り当て装置では次の問題点がある。

【0011】第一は、グラフの構造が密になったとき、すなわち入力された作業の数 (グラフのノードの数) と、制約条件 (ノード間を結ぶ辺の数) が増えてきたときに、既存のグラフカラーリングの手法では、色分けが非常に困難になる点である。

【0012】一般に、資源割り当て装置に対する入力データである作業と資源割り当てにおける制約条件から作成されたグラフ内には、完全部分グラフ (色の数と同じ数のノードが互いにすべて接続を持っている構造) が数多く含まれることが多い。この完全部分グラフの部分を既存のカラーリングアルゴリズムで色分けを行うと、カラーリングがある程度進行した状態では、隣接するノードに他のすべての色が割りついている状況が発生する。このときに、上記ステップ2で適切な色を選ぶ手続きがほぼ不可能になり、最終的にステップ2が無限に繰り返されてカラーリングが終了しない状態に陥る。

【0013】第二は、資源割り当て計画の最適化が行えない点である。つまり、グラフカラーリングの手法は、グラフを最も少ない色数で塗り分ける、あるいは、指定した色の数に塗り分けることはできるが、塗りわけ結果は一通りしか得ることができない。通常は、塗りわけ結果は複数の組み合わせが存在するはずであり、各資源が

6

担当する作業の平準化、各資源が得意とする作業をできるだけ割り当てるなど、利用者が欲する目的関数を最大あるいは最小にする塗りわけの組み合わせを探索する必要が生じる。

【0014】たとえば、乗務員運用計画を例に考えると、各乗務員が行う作業の総量ができるだけ均一になる運用計画が求められる。こういった最適化は、前述の「作業時間が重なっている作業に同じ資源を割り当てることはできない」のような制約条件としてはグラフには表現できない内容であり、グラフカラーリングを直接利用した資源割り当て装置では行えない。

【0015】第三は、状況対応型のスケジューリングである「資源の再割り当て計画」に用いることができない点である。資源の再割り当て計画とは、過去に作成した資源割り当て計画が実施の段階で部分的に変更されたときに、与えられた制約条件を満足するように、かつ、出来るだけ少ない変更で、計画の他の部分を修正することである。このように、できるだけ小さい計画修正により不測事態に対応することが従来のグラフカラーリングを用いた資源割り当て装置では行えない。

【0016】資源の再割り当て計画の利用例は「車両運用計画の修正」である。これは、予定されていた車両運用計画が、事故や運転支障によって変更が生じたときに、変更発生日以降の運用計画を見直す問題である。一般に、支障発生日以降の計画を完全に作り直すのではなく、できるだけ早い日数で元の運用計画に戻るように計画修正を行う。これは、車両検査の都合が主な理由であり、走行距離数に応じた検査計画の予定を車両ごとにあらかじめ長期間にわたって作っており、これを変更することが難しいからである。

【0017】本発明の目的は、入力された作業の数と制約条件が増えてきたときにグラフ色分けに要する負担を軽減し、資源割り当て計画の作成を高速化することができる資源割り当て方法及び資源割り当て装置を提供することにある。

【0018】本発明の更に別の目的は、評価値が良い計画を効率良く探索し、資源割り当て計画の最適化を実現できる資源割り当て方法及び資源割り当て装置を提供することにある。

【0019】本発明の更に別の目的は、状況対応型のスケジューリングである資源の再割り当て計画を行うことができる資源割り当て方法及び資源割り当て装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1、7記載の発明は、複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を使うことができないノード間に第1の関係を持たせ、同じ資源を割り当てることが明らかなノード間を1つのノードとみな

(5)

7

す第2の関係を持たせ、前記第2の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与し、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更している。

【0021】すなわち、請求項1、7記載の発明では、例えば同一の資源を割り当てることが既知である作業に対応するノード同士をまとめることによりグラフの縮約を行うことで、グラフの構造が密になったとき、すなわち入力された作業の数（グラフのノードの数）と制約条件（ノード間を結ぶ辺の数）が増えてきたときにグラフ色分けに要する負担を軽減し、資源割り当て計画の作成を高速化することができる。

【0022】請求項2、8記載の本発明は、更に、請求項1、7記載の発明において、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行い、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索している。

【0023】これにより、複数の評価値を得ることができるので、評価値が良い計画を探索でき、資源割り当て計画の最適化が実現される。

【0024】請求項3、9記載の本発明は、複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を使うことができないノード間に第1の関係を持たせる第1のステップ（手段）と、前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を適当に付与する第2のステップ（手段）と、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3のステップ（手段）と、当該資源割り当て計画の評価を行う第4のステップ（手段）と、前記第2のステップに戻り、第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を再度適当に付与し、第3及び第4のステップを再実行させる第5のステップ（手段）とを具備する。

【0025】請求項3、9記載の本発明では、複数の評価値を得ることができ、しかもそれを効率良く算出できるステップで行っているため、評価値が良い計画を効率良く探索し、資源割り当て計画の最適化を実現できる。

【0026】請求項4、10記載の本発明は、複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を使うことができないノード間に第1の関係を持たせる第1のステップ（手段）と、前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与する第2のステップ（手段）と、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3のステップ（手段）と、当該資源割り当て計画の評価を行う第4のステップ（手段）と、前記第2のステップにおいて識別子が付与されたノ

8

ードのうち任意のノードについて識別子の種類を変更し、第3及び第4のステップを再実行させる第5のステップ（手段）とを具備する。

【0027】請求項4、10記載の本発明では、上記と同様に、複数の評価値を得ることができ、しかもそれを効率良く算出できるステップで行っているため、評価値が良い計画を効率良く探索し、資源割り当て計画の最適化を実現できる。

【0028】請求項5、11記載の本発明は、複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を使うことができないノード間に第1の関係を持たせ、前記第1の関係を持たせた後のノードのうち計画を修正すべき範囲のノードを特定し、前記計画を修正すべき範囲の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与し、前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更している。

【0029】請求項5、11記載の本発明では、例えば徐々に修正すべき範囲を変更しながら、上記処理を繰り返し実行することによって、状況対応型のスケジューリングである資源の再割り当て計画を行うことができる。

【0030】請求項6、12記載の本発明は、更に、請求項5、11記載の発明において、前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行い、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索している。

【0031】これにより、複数の評価値を得ることができるので、評価値が良い計画を探索でき、資源割り当て計画の最適化が実現される。

【0032】なお、本発明の方法等で作成した資源割り当て計画を利用者に提示する計画表示機能と、利用者が資源計画割り当て計画を変更する編集機能を備えた計画変更手段を有するように構成しても良い。これにより、作成された計画に対して利用者が自由に編集を加えることができるようになり、利用者の利便にあわせた運用を行うことができる。

【0033】また、利用者が計画を編集したときに、同一の資源を割り当てることができない作業に対応するノードの間を線で結んだグラフの上で条件違反の有無を判定して利用者に通知するようにしてもよい。

【0034】更に、グラフ色分けの手法を使用して資源割り当てを行った結果に対して、さらに手続き的な修正手順あるいは書き換えルールを用いて計画修正を自動的に行う手段を備えるように構成してもよい。これにより、生成される計画の質を向上させることができる。

【0035】また、本発明は、記録媒体にも適用することが可能である。

【0036】すなわち、複数の作業に対してそれぞれ繰

(6)

9

り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることができないノード間に第1の関係を持たせるステップと、同じ資源を割り当てることのできるノード間を1つのノードとみなす第2の関係を持たせるステップと、前記第2の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与するステップと、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更するステップとを具備することを特徴とする、記録媒体を提供可能である。この場合に、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行うステップと、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索するステップとをさらに具備することを特徴とする、記録媒体を提供可能である。

【0037】複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることのできるノード間に第1の関係を持たせる第1のステップと、前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を適当に付与する第2のステップと、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3のステップと、当該資源割り当て計画の評価を行う第4のステップと、前記第2のステップに戻り、第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を再度適当に付与し、第3及び第4のステップを再実行させる第5のステップとを具備することを特徴とする、記録媒体を提供可能である。

【0038】複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることのできるノード間に第1の関係を持たせる第1のステップと、前記第1の関係を持たせた後の各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与する第2のステップと、前記第1の関係をもちたノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更する第3のステップと、当該資源割り当て計画の評価を行う第4のステップと、前記第2のステップにおいて識別子が付与されたノードのうち任意のノードについて識別子の種類を変更し、第3及び第4のステップを再実行させる第5のステップとを具備することを特徴とする、記録媒体を提供可能である。

【0039】複数の作業に対してそれぞれ繰り返し使われる資源を割り当てる際に、前記各作業に対応するノード間のうち同じ資源を割り当てることのできるノード間に第1の関係を持たせるステップと、前記第1の関係を持たせた後のノードのうち計画を修正すべき範囲のノードを特定するステップと、前記計画を修正すべき範囲の

10

各ノードに対し、資源の数に応じた数の種類の識別子を付与するステップと、前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更するステップとを具備することを特徴とする、記録媒体を提供可能である。この場合、前記計画を修正すべき範囲のノード間が異なる識別子となるように、各ノードの識別子を変更した後に、当該資源割り当て計画の評価を行うステップと、前記資源割り当て計画の評価を複数求め、評価値の良い資源割り当て計画を探索するステップとをさらに具備することを特徴とする、記録媒体を提供可能である。

【0040】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0041】図1は一実施形態に係る資源割り当て計画装置の構成を示すブロック図である。本実施形態に係る装置は例えばコンピュータ上に実現されるもので、この装置の各機能は、計算機プログラムとして格納された所定の手順でコンピュータを動作させることによって実現されている。しかし、専用装置とすることも可能である。図1に示す資源割り当て計画装置は、作業データ1と資源データ2から、同一資源を割り当てることのできない作業の関係を表現したグラフデータ3を作成するグラフ変換手段11と、グラフデータ3の中で色分けすなわち資源の割り当てを行う部分を探索範囲として登録あるいは変更する探索範囲変更手段12と、問題の特性に応じてグラフの冗長部分を縮約するグラフ縮約手段13と、グラフの各ノードに初期状態としての色を設定する初期色分け手段14と、隣接するノードが同一色にならないように各ノードの色を変更するグラフ色分け手段15と、グラフデータ3の色分け結果を資源割り当て計画に変換する計画変換手段16と、問題の特性に応じたヒューリスティックあるいは手動により計画を変更する計画変更手段17と、作成された資源割り当て計画の評価を行う計画評価手段18とを有する。

【0042】ここで、本装置が列車の車両割り当てを行う場合を例とする。しかし、本装置は勿論他のシステムにも適用可能である。

【0043】本装置では、作業とは列車の運行であり、出発駅・開始時刻と終着駅・到着時刻の組で作業データが与えられる。また、資源は鉄道会社が所有する車両編成のことであり、その編成数が決まっている。

【0044】装置の目的は、どの車両編成がどの運行を担当するかを決める、すなわち、各々の運行に対して、その運行で使用する車両を割り当てることである。また、資源割り当て最適化の条件として、できるかぎり各車両に割り当てる作業時間、すなわち走行時間を平準化することとする。

【0045】資源割り当て計画の作成は、図2に示す手順で行われる。

(7)

11

【0046】また、図3に本例における作業データを示す。図3には4日間に計16の作業があることを示す。例えば21日は21-1、21-2、21-3、21-4の4つの作業がある。図3では、一つの線が一つの作業を示し、線の描画位置が作業の実行すべき時間帯を示す。また、線の両端の記号は作業を開始する場所と終了する場所を示す。すなわち、作業21-1はAを21日の午前中に出発して昼頃にAに戻る作業である。作業21-2は21日の昼過ぎにAを出発して夜にBで終了する作業である。作業21-3は21日の朝にBを出発し夜にAで終了する作業である。作業21-4は21日の昼過ぎにAを出発し夜にAに戻る作業である。

【0047】また、図4に本例における資源データを示す。図4では#1、#2、#3の3つの車両編成があることが示される。

【0048】以下、図2のフローチャート並びに図3および図4のデータを用いて、本装置による21日から24日までの資源割り当て計画作成の具体的手順を示す。

【0049】まず、図3の作業データをグラフデータに変換する(ステップ21)。これには、まず図3の作業データの一つ一つの作業を頂点で表す。この結果を図5に示す。すなわち、線で表現された各作業データをそれぞれノード(頂点)で表す。次に、同じ資源(車両編成)を使うことができない2つの頂点(作業)を線で結ぶ。例えば、車両運用計画においては、「同じ時刻に走っている組み合わせ」と「出発地と到着地の都合で同じ資源を使えない組み合わせ」が同じ資源を使うことができない。したがってこれらの関係にある頂点を線で結ぶ。結果として、図6のグラフが得られる。なお、このように同一資源の割り当てが不可能になる作業の組み合わせの条件は、本装置を利用する問題の特性により自由に構成できる。

【0050】ここで、図6の点線で囲まれた部分について説明する。21-2と22-1は日をまたがる隣接する運用でかつ、21-2の終了場所Bと22-1の開始場所Aが異なるために同一の資源(車両)は割り当て不可である。21-2と21-3は同一の時間帯の運用であるので同一資源(車両)は割り当て不可である。

【0051】次に、このグラフを縮約する(ステップ22)。すなわち、同じ資源(車両)を割り当てることが明らかな運用については一つのノードにまとめる。例えば、車両運用計画においては、開始場所と終了場所の関係から、他の編成への割り当てができない運用同士がこれに該当する。例えば、運用21-2は終了場所がBであり、翌日の22日にBを出発する運用は22-3しかない。したがって、21-2と22-3は必ず同じ車両編成を割り当てる必要がある。そこで、この2つのノードは一つのノードにまとめる。このようにして、21-2と22-3、22-2と23-3、23-2と24-3のまとめを行った結果が図7である。なお、このよう

12

にノードをまとめる条件は、本装置を利用する問題の特性により自由に構成できる。

【0052】次に、グラフデータの各頂点に資源(車両)の数の色数で初期色分けを行う(ステップ24)。この方法は例えば乱数によって行えばよい。黒、灰、白の3色で図7の各ノードに適当に色をつけた結果が図8である。

【0053】次に、グラフデータの隣接する頂点が同一の色にならないように頂点の色の変更を行う(ステップ25)。この方法は、さまざまな方法が知られており、本装置の目的を逸しない範囲で自由に用いることができる。例えば、「An Application of the Life Span Method to the Graph Coloring Problem、統計数理研究所共同リポート53「最適化：モデリングとアルゴリズム4」、105-137、(1994)」記載のLife Span Methodでは、

$V := \{V_1, \dots, V_n\} = \{\text{グラフのノード全体}\}$

$\text{color}(i) := \text{ノード } V_i \text{ に割り当てられた色}$

$C(i, m) := \text{ノード } V_i \text{ に隣接するノードで、色 } m \text{ が割り当てられているノードの個数。}$

$\text{bad-degree}(i) := C(i, \text{color}(i)) = \text{ノード } V_i \text{ に隣接する同じ色のノードの個数。}$

$LS(i) := \text{ノード } V_i \text{ のライフスパン (} i \text{ をインデックスとする整数変数)}$

$LTM(i, m) := \text{ノード } V_i \text{ の色を } m \text{ に変更した回数。}$

とし、パラメータとして、

$\text{min-tabu-length} := \text{正の整数定数}$

$\text{max-tabu-length} := \text{min-tabu-length より大きい正の整数定数}$

$\alpha := \text{正の定数}$

を与えたときに、 k 色の色(整数1, ..., k)に色分けをする手続きの一例は図9に示す通りである。

【0054】図9の手順により色分けを行った結果が図10である。

【0055】次に、図10の色分け結果を基に色と資源(車両編成)の対応づけを行い、資源割り当て計画(車両運用計画)データを作成する(ステップ25)。図11に図10の結果から得られた資源割り当て計画(車両運用計画)を示す。

【0056】次に、これまでの手順で作成された資源割り当て計画の評価を行う(ステップ26)。本例では、各車両に割り当てる作業時間の平準化が目的であるので、#1、#2、#3のそれぞれの車両編成に21日から24日に割り当てられた作業の合計時間の分散値を計画に対する評価値として算出する。本例では、この評価値が小さい計画ほど、より好ましい資源割り当て計画(車両運用計画)とみなせる。この評価値の算出方法は、本装置を利用する問題の特性により自由に構成できる。

(8)

13

【0057】また、ステップ26では、ステップ23からステップ25を繰り返し実行する際に、最も良い評価値を持つ資源割り当て計画を保持し、今回作成された計画の評価値とを比較し、改善された場合は、保持しておく計画を交換する。

【0058】次に、資源割り当て計画の作成を終了するか継続するかの判断を行う（ステップ27）。終了を判断する方法は、ステップ23からステップ26までの一連の手順を指定回数繰り返したときに、評価値が希望の値以下（あるいは以上）になったとき、または繰り返しによる評価値の改善が見られなくなったとき、といった条件で判断する。この終了判断方法は、本装置を利用する問題の特性により自由に構成できる。

【0059】ステップ27で資源割り当て計画の作成を継続すると判断した場合は、ステップ23に戻る。ステップ23では、グラフデータのノードの色をいったん消して、乱数によって初期色分けを行う。ステップ24では新しい初期色分けの結果からグラフの色分けを行う。一般に、隣接するノードがすべて別の色になるようなグラフの色分けは複数通りが可能であるので、初期色分けの結果に応じて、ステップ24は異なる結果を出す。

【0060】ステップ27において終了と判断したときにステップ26で保持されている資源割り当て計画が、本装置の出力結果となる。

【0061】次に、本発明の他の実施形態を説明する。

【0062】この実施形態では、資源割り当て計画の修正を行っている。資源割り当て計画の修正とは、資源割り当て計画が部分的に変更されたときに、与えられた制約条件を満足するように、かつ、出来るだけ少ない変更で、計画の他の部分を修正することである。

【0063】以下では、列車の車両割り当ての修正を例にする。この例も最初の例と同様に、作業とは列車の運行であり、出発駅・開始時刻と終着駅・到着時刻の組で作業データが与えられる。また、資源は鉄道会社が所有する車両編成のことであり、その編成数が決まっている。

【0064】この装置の目的は、予定されていた車両運用計画が、事故や運転支障によって変更が生じたときに、変更発生日以降の運用計画を見直すことである。また、資源再割り当て最適化の条件が、できるだけ早い日数で元の運用計画に戻るよう計画修正を行うことである。資源割り当て計画の作成は、図12に示す手順で行われる。

【0065】ここでは、入力データとしては、最初の例と同じ図3および図4のデータがそれぞれ作業データと資源データとして与えられたとする。また、図13は修正前のオリジナルの車両運用計画である。

【0066】図13の運用計画においては、21日に事故等が発生したために途中駅での車両交換などが発生し、車両運用の変更が発生したと考える。この結果、2

14

1日の最終時点で、各編成が予定とは異なる配置になったとする。この変更を図14の21日の欄に示す。

【0067】図14の21日の運用実績に対して、22日以降の運用計画では支障が発生する。たとえば、編成#1は21日の夜はAで停泊するが、22日の予定が運用22-3であり、この運用はBから出発する運用となっている。したがって、この部分には不具合がある。このような不具合を解消するために、22日以降の運用計画を修正する必要が生じる。

10 【0068】以下、本装置による22日以降の車両運用計画修正の具体的手順を示す。

【0069】まず、図13の21日から24日までの作業データをグラフデータに変換する（ステップ31）。この手順は図2におけるステップ21と同じである。この結果は図5である。

20 【0070】次に、計画修正の影響の及ぶ探索範囲の設定を行う（ステップ32）。この探索範囲には、初期事象、つまり車両運用（資源割り当て）が変更された作業（実施例においては21日の運用）は必ず含める。また、探索範囲は始めは狭く設定する。そして、以下のステップ33からステップ37の一連のステップで、この探索範囲内だけで計画修正の収束が可能であるかを調べる。これに失敗した場合は、成功するまで徐々に探索範囲を広げる。

30 【0071】ここでは、運用変更が発生した日、すなわち21日と翌日の22日を第1回目の探索範囲とし、ステップ33からステップ37の一連のステップで、この探索範囲内だけで計画修正の収束が可能であるかを調べ、失敗した場合は範囲を1日ずつ広げるとする。この探索範囲の設定方法は、本装置を利用する問題の特性により自由に構成できる。

【0072】以下の説明では、目標日を24日に設定した探索、すなわち24日の運用が予定通りとなるような計画修正ができるかどうかを探索することを考える。

40 【0073】次に、同じ資源（車両）を割り当てることが明らかな運用についてはノードをまとめる（ステップ33）。これは、図2におけるステップ22と同様である。次に、図3の作業データをグラフデータに変換する（ステップ33）。これは、図2のステップ21と同様である。これにより図6のグラフデータを得る。さらに、運用変更が生じた日と目標日で同じ車両編成が割り当てられているノードを一つにまとめる。例えば、図14において、21日の運用21-4には#2の編成が使われ、24日の運用24-3に#2の編成が計画では割り当てられているので、これらを同じノードにまとめる。このように、「21-3、24-1、24-2」「21-4、24-3」「21-1、21-2、24-4」がそれぞれ一つのノードにまとめることができる。この結果を図15に示す。

50 【0074】次に、グラフデータの各頂点に資源（車

15

両)の数の色数で初期色分けを行う(ステップ35)。この方法は、元の計画、すなわち、図14を使う。こうすることによって、オリジナルの計画に対して変更が行われたところに関連する部分にのみ制約違反の解消操作が行われることが期待でき、計画の修正を最小限に押さえることができる。

【0075】図15のグラフデータに図14の計画を基に色を割り当てた結果が図16である。

【0076】次に、グラフデータの隣接する頂点が同一の色にならないように頂点の色の変更を行う(ステップ36)。この方法は、図2におけるステップ25と同じである。図9の手順により色分けを行った結果が図17である。

【0077】図17の色分け結果を基に色と資源(車両編成)の対応づけを行い、資源割り当て修正計画(車両運用修正計画)データを作成する(ステップ36)。図18に図17の結果から得られた資源割り当て修正計画(車両運用修正計画)を示す。図18において紗がかかった部分がオリジナルの計画に対して変更がある部分である。

【0078】次に、資源割り当て修正計画の作成を終了するか継続するかの判断を行う(ステップ37)。終了を判断する方法は、ステップ36で色分けが成功したか否かで判断する。ステップ36で色分けが失敗した場合は、ステップ32に戻り、探索範囲を広げてからグラフの色分けを行う。ステップ36で色分けが成功した場合は、ステップ36で得られた資源割り当て修正計画が、本装置の出力結果となる。

【0079】なお、本発明は、上記の実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができるものであるから、次に例示するような他の実施例をも包含するものである。

【0080】例えば、本発明の適用対象となる資源割り当て計画および資源割り当て修正計画は、列車の車両運用計画には限定されず、鉄道・バス・運送会社における乗務員運用計画や車両運用計画の問題、あるいは時間割り作成問題など、与えられた作業群に対して、各々の作業を実行するために必要な設備・要員・資材などの資源の割り当て計画を作成あるいは修正する計算機システムに対して適用可能である。

【0081】また、例えば、初期色分け手段では、第1の実施形態においては乱数を用いて初期色分けを行い、第2の実施形態においては修正前のオリジナルの計画を初期色分けに用いたが、例えば、「遺伝的アルゴリズム：日本ファジィ学会編、朝倉書店」記載の遺伝的アルゴリズムを用いることができる。この方法では、グラフデータに含まれるノードの一覧を文字列の個体として表現し、この文字列で各ノードへの初期色分けを表す。遺伝的アルゴリズムを利用した初期色分け手段では、初期色分け手段の内部に一定数の個体群を保持し、計画評価

(9)

16

手段が算出した評価値の高い個体が高い確率で生き残れるように再生を行い、個体間の交叉や突然変異の操作によって個体群の再生成を繰り返す。

【0082】また、例えば、初期色分け手段では、利用者から割り当てる資源についての希望があらかじめ存在する作業については、該当するノードに対してその資源を割り当てた状態に色を塗り、グラフ色分け手段ではこれらのノードの色は変更しないようにする。これにより、利用者が一部の資源割り当て計画を作り、残り部分を本装置で作成することができる。

【0083】また、例えば、グラフ色分け手段においては、図9に示した色分けの手順中のステップ94において乱数で交換する色を選択するようにしてもよい。この場合、この乱数の値によって色分け結果は異なるものが得られるために、同一の初期状態から同一の色分け結果が得られるとは限らない。従って、図2の手順のステップ27の後でステップ24を実行することによって他の資源割り当て計画を得ることができる。また、図12においては、ステップ37の後にステップ35を実行して他の資源割り付け修正計画を得ることもできる。

【0084】また、計画変換手段によりグラフデータを資源割り当て計画あるいは資源割り当て修正計画に変更した後で、明らかに追加修正を行った方がよい部分の計画変更を行うための計画変更手段と手順を追加してもよい。この手段は、利用者に資源割り当て計画を提示して、利用者が自由に手修正を行える表示装置および計画変更装置を追加する。あるいは、あらかじめ利用者が設定した計画修正規則を用いて計画の修正を行う。

【0085】また、上記の計画変更手段は計画変更手段によってグラフデータを資源割り当て計画に変更する前に置いてもよい。この場合は、例えば、計画変更手段が利用者に資源割り当て計画を提示して利用者が自由に手修正を行える表示装置および計画変更装置を備えている場合に、利用者が行った手修正が資源割り当ての条件の違反になっていないかをグラフデータ上で隣接するノードが同一の色に変更されていないかをチェックすることによって検証し、必要時に利用者に警告を発する機能を追加することができる。

【0086】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、入力された作業の数(グラフのノードの数)と制約条件(ノード間を結ぶ辺の数)が増えてきたときにグラフ色分けに要する負担を軽減し、資源割り当て計画の作成を高速化することができる(請求項1、7)。

【0087】また、評価値が良い計画を探索でき、資源割り当て計画の最適化が実現される(請求項2、6、8、12)。

【0088】更に、評価値が良い計画を効率良く探索し、資源割り当て計画の最適化を実現できる(請求項3、4、9、10)。

(10)

17

【0089】また、状況対応型のスケジューリングである資源の再割り当て計画を行うことができる（請求項5、11）。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る資源割り当て計画装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示した資源割り当て計画装置の動作を示すフローチャートである。

【図3】一実施形態に係る作業データの一例を示す図である。

【図4】一実施形態に係る資源データの一例を示す図である。

【図5】一実施形態に係るグラフを示す図である。

【図6】一実施形態に係るグラフを示す図である。

【図7】一実施形態に係るグラフを示す図である。

【図8】一実施形態に係るグラフを示す図である。

【図9】一実施形態に係る色分けをする手続きの一例を示すフローチャートである。

【図10】一実施形態に係るグラフを示す図である。

【図11】一実施形態に係る資源割り当て計画（車両運用計画）の一例を示す図である。

【図12】他の実施形態に係る資源割り当て計画装置の

18

動作を示すフローチャートである。

【図13】他の実施形態に係る運用計画の一例を示す図である。

【図14】他の実施形態に係る運用計画の一例を示す図である。

【図15】他の実施形態に係るグラフを示す図である。

【図16】他の実施形態に係るグラフを示す図である。

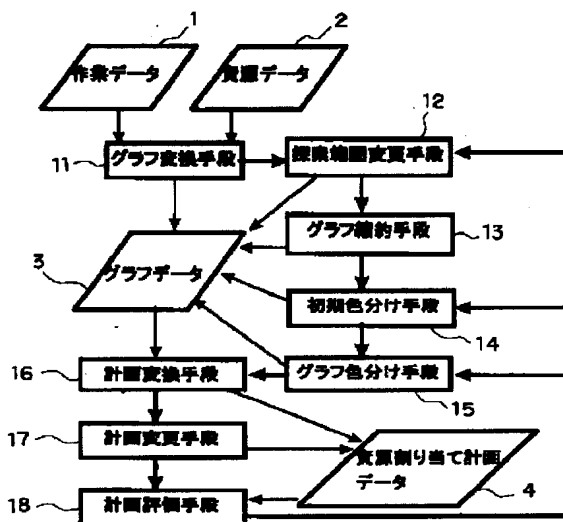
【図17】他の実施形態に係るグラフを示す図である。

【図18】他の実施形態に係る資源割り当て計画（車両運用計画）の一例を示す図である。

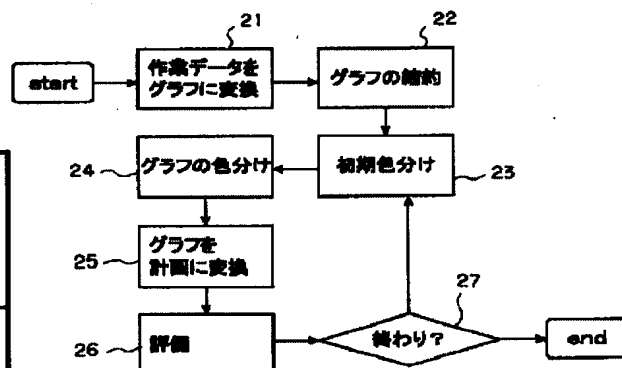
【符号の説明】

- 1 作業データ
- 2 資源データ
- 3 グラフデータ
- 11 グラフ変換手段
- 12 探索範囲変更手段
- 13 グラフ縮約手段
- 14 初期色分け手段
- 15 グラフ色分け手段
- 16 計画変換手段
- 17 計画変更手段
- 18 計画評価手段

【図1】



【図2】



【図4】

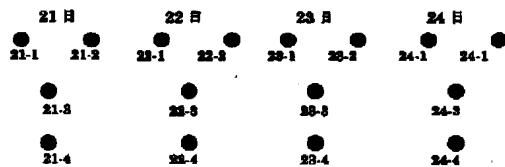
編成番号
#1
#2
#3

【図3】

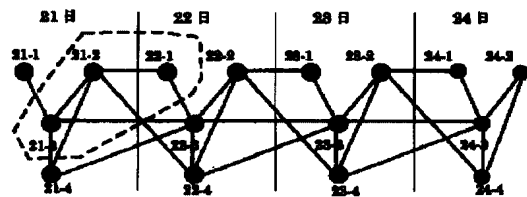
21(月)			22(火)			23(水)			24(木)										
A	21-1	A	21-2	B	A	22-1	A	22-2	B	A	23-1	A	23-2	B	A	24-1	A	24-2	B
B	21-3	A	B	22-3	A	B	23-3	A	B	24-3	A	B	24-3	A					
	A	21-4	A		A	22-4	A		A	23-4	A			A	24-4	A			

(11)

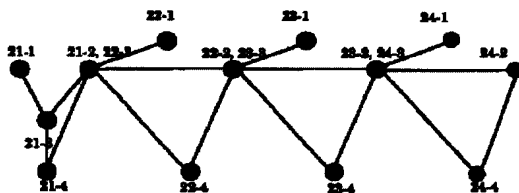
【図5】



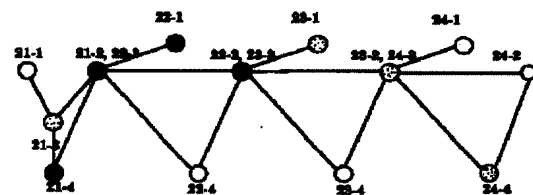
【図6】



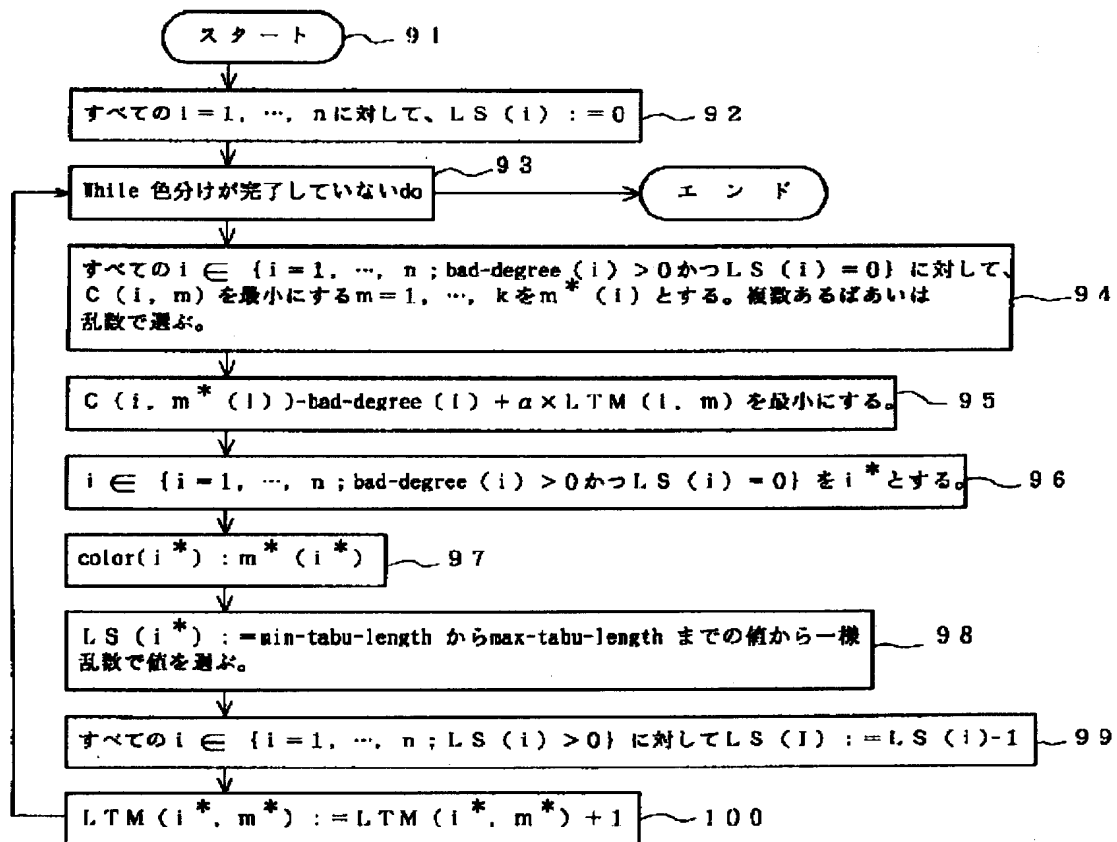
【図7】



【図8】

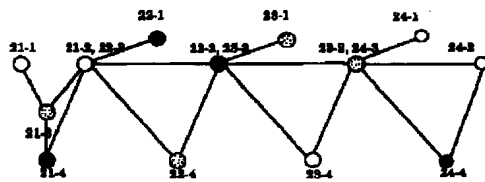


【図9】



(12)

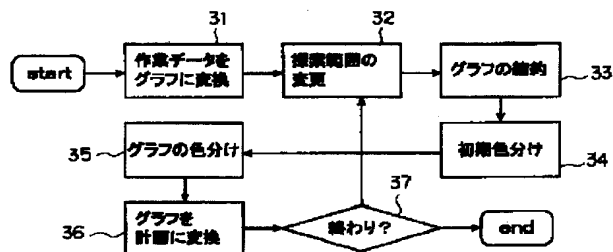
【図10】



【図11】

車両編成	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
#1(白)	21-1, 21-2	22-3	23-4	24-1, 24-2
#2(灰)	21-3	22-4	23-1, 23-2	24-3
#3(黒)	21-4	22-1, 22-2	23-3	24-4

【図12】



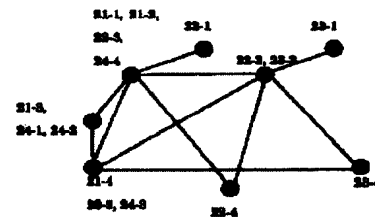
【図13】

車両編成	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
#1	21-1/21-2	22-3	23-4	24-1/24-2
#2	21-3	22-4	23-1/23-2	24-3
#3	21-4	22-1/22-2	23-3	24-4

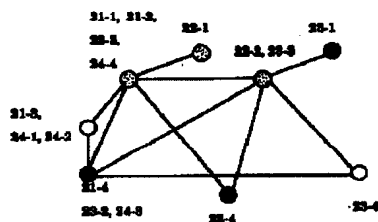
【図14】

編成番号	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
#1	21-3	22-3	23-4	24-1/24-2
#2	21-4	22-4	23-1/23-2	24-3
#3	21-1/21-2	22-1/22-2	23-3	24-4

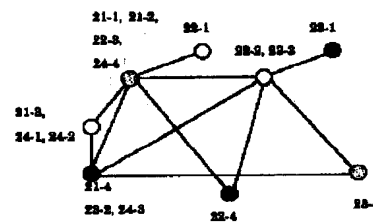
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

編成番号	21(月)	22(火)	23(水)	24(木)
#1(白)	21-3	22-1/22-2	23-3	24-1/24-2
#2(黒)	21-4	22-4	23-1/23-2	24-3
#3(グレー)	21-1/21-2	22-3	23-4	24-4

フロントページの続き

(72)発明者 外山 春彦
 神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社
 東芝柳町工場内